

# 한반도 서남부에 분포하는 중성-염기성 심성암류에 대한 암석학적 연구

김용준\* · 박재봉 · 박병규

전남대학교 자연과학대학 지구환경과학부, 500-757 광주광역시 북구 용봉동 300

## Petrological Study on the Intermediate-basic Plutonic Rocks in the Southwestern Part of the Korean Peninsula

Kim, Yong-Jun\*, Jae-Bong Park and Byung-kyu Park

Department of Earth System and Environmental science, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

**Abstract:** Main aspect of this study is to clarify the petrochemistry and petrogenesis of intermediated-basic plutons located in the southwestern part of the Korean peninsula. These Intermediated-basic plutons consist of Pre-Cambrian anorthosite-gabbro, Triassic hornblende gabbro (Jirisan area), Jurassic diorite-syenite (Jirisan and north area) and Cretaceous gabbro-diorite (south area). The Massif type anorthosite has multi intrusions, where each one intruded by gabbroic rocks, composed of gabbro, norite, troctolite and leucogabbro. In the variation diagram of the major-minor composition, AMF and Pl-Px-Ol diagrams, we suggest that intermediated-basic plutons in the southwestern part of the Korea show a trend consistent to Daly's value and calc-alkaline rock series. According to REE (La/Yb)<sub>cn</sub> and Eu/Sm, these plutons are enriched with LREE than HREE, and emplaced by the tectonic setting in continent and/or continental margin.

**Keywords:** petrochemistry, petrogenesis, intermediated-basic plutons, anorthosite-gabbro-diorite-syenite

**요약:** 이 연구의 목적은 한반도 서남부에 분포하는 중성-염기성 심성암류의 지화학적 특성과 성인을 밝히는데 있다. 이들 중성-염기성암류는 주로 선캄브리아기의 회장암-반려암, 트라이아스기의 각섬석반려암(지리산 지역), 쥐라기의 섬록암-섬장암(지리산 지역과 북부 지역) 그리고 백악기 반려암-섬록암(남부 지역)으로 구성되어 있다. 암괴형의 회장암은 많은 관입체로 구성되어 있으며 반려암-노라이트-트록토라이트와 우백질 반려암으로 이루어진 반려암질암에 의해 관입되어 있다. 주 성분-미량 성분의 변화도, AMF 삼각도와 Pl-Px-Ol 삼각도에서, 우리는 한반도 서남부에 분포하는 중성-염기성암류가 Daly의 값과 유사한 경향을 보이며 칼크-알카리질암류에 속함을 보여준다. REE (La/Yb)<sub>cn</sub>와 Eu/Sm 값에 따르면 이들 암류는 경희토류가 중희토류보다 부화되어 있으며, 이는 대륙 연변부의 지구조에서 정지한 화성암류의 특징이다.

**주요어:** 암석화학, 암석 성인, 중성-염기성 심성암류, 회장암-반려암-섬록암-섬장암

## 서 언

이 연구의 목적은 한반도 서남부 지역에 분포하는 중성-염기성 심성암류에 대한 암석화학적 특징과 그 생성과정을 밝히는데 있다.

이 연구를 위하여 연구 지역에 대한 정밀 야외 지질조사를 실시하여 섬록암 및 반려암의 분포 등을 조사하였고 암석기재학적 연구와 광물 및 전암의 화

학분석을 위한 신선한 시료를 체계적으로 채취하였다. 이들 시료의 박편을 제작하여 편광현미경을 관찰하여, 주성분 광물 및 부성분 광물의 종류와 조직, 포획체의 구성 광물과 조직 그리고 시료의 변형작용의 여부 등을 기재하고, 암석의 화학 분석은 주성분 원소, 미량 원소와 희토류원소에 대하여 실시하였다.

## 일반 지질

한반도 서남부의 지질은 선캄브리아기의 편마암 복합체를 기저로 고생대의 변성퇴적암류와 변성평안계, 트라이아스기-쥐라기의 산성-중성-염기성 심성암류와 연구지역에서 가장 우세하게 분포하는 백악기 화산암

\*Corresponding author: yongjun@chonnam.ac.kr  
Tel: 82-62-530-3451  
Fax : 82-62-530-3459

류로 구성되어 있다. 이 연구에서 주 연구대상이 되는 중성-염기성 심성암은 이 연구 지역 전역에 걸쳐 소규모 암주상으로 도처에 산재되어 있으며, 이들 중성-염기성 심성암체는 남해안 지역에서 백악기에 해당(이창신 외, 1992; 김정빈과 박영석, 1996)되는데 비하여 내륙 쪽에 분포하는 암체는 주라기와 트리아스기(김용준과 이창신, 1988; 김용준 외, 1989, 1990, 1991a; Turek and Kim, 1995)로 알려져 있다. 따라서, 이들 지역에 분포하는 중성-염기성 심성암류의 암석학 및 암석화학적 차이는 특이한 연구대상이 된다. 이들 지역에 대한 기존 연구는 주로 암석기재학, 암석화학 및 지질연대에 대한 연구 등이 수행되었으며, 이를 통해 밝혀진 남해안 지역의 심성암류의 관입-정지 시기( $70.1 \pm 1.9 \sim 108 \pm 4$  Ma)와 이들 소규모 암체들의 빈번한 분포는 백악기 말기까지 남해안 일대에서 불국사변동에 따른 중성-염기성 화성활동이 활발하였음을 지시한다.

한반도 서남부지역의 남부지역은 지체구조적으로 영동-광주 함몰대에 속한다. 남부지역에 해당하는 광양-승주지역은 선캠브리아기의 지리산편마암복합체를 기반으로 하여 이를 부정합의 관계로 덮는 경상누층군의 퇴적암류로 구성되며, 이들을 백악기 심성암류가 관입한다. 벌교-고흥 지역도 주로 선캠브리아기의 반상변정질편마암을 기반으로 이를 관입하는 백악기의 반려암, 안산암, 흑운모 화강암과 반화강암으로 구성된다. 또 해남-강진 지역도 선캠브리아기의 변성암 복합체를 거저로 이를 관입 및 부정합의 관계로 접하는 시대미상의 변성퇴적암류, 트리아스기 화강암류, 백악기 섬록암 그리고 백악기 퇴적암-화산암류-화강암류로 구성되어 있다.

선캠브리아기 변성암복합체는 이 연구지역 동남부의 대부분과 나머지 지역에 소규모로 분포하며 정편마암류인 화강편마암과 반상변정질편마암 그리고 준편마암류인 화강암질편마암, 흑운모편마암, 혼성암질편마암과 결정질편암 등으로 구성되어 있다. 이들 정편마암류는 도처에서 준편마암류를 관입 및 포획하고 있으며 그 관입-정지-고결시기는 원생대 초기~중기(주승환과 김성재, 1986; 김용준, 1986; 김용준과 이창신, 1988; 김용준 외, 1995)에 해당된다.

변성퇴적암류는 이 연구지역 북서부에서 북동-남서향으로 좁은 대상분포를, 그리고 남동부에서는 비교적 불규칙하고 넓은 분포를 보인다. 이 암류의 구성암상은 주로 운모편암, 견운모-석영편암, 석회암과 규

암으로 이루어져 있다. 규암은 용암산층(손치무와 김수진, 1966)의 주구성 암상으로 거의 순수한 석영으로 이루어져 있다. 석회암은 운모편암과 함께 설옥리층(박희인, 1966)을 구성하며 운모편암 내에 렌즈상으로 협재되어 있다. 이들 암류의 분포 형태는 이들 암내에 발달되어 있는 엽리의 방향과 개략 일치한다.

변성평안층군은 영암 서부에서 북동-남서향의 좁은 대상분포를 보이며 트리아스기 화강암과 백악기 화성암류에 의해 관입 및 분출 피복 되어 있다. 구성암상은 운모편암, 흑연편암 및 규암으로 이루어져 있으며 20 cm 정도의 얇은 탄층을 협재하는 곳도 있다.

트리아스기-주라기 화강암류는 소위 송림화강암류에 속하는 광주화강암류(주승환과 지세정, 1990; 김종환 외, 1993; 김용준 외, 1993a, 1993b, 1995, 1998), 엽리상화강암류와 주라기 화강암류로 구성되어 있다. 광주화강암류는 소규모 저반상 이나 암주상 화성암복합체로 출현하며 구성암상은 흑운모화강섬록암상, 각섬석화강섬록암상, 반상화강암상과 복운모화강암상(김용준 외, 1993a)으로 이루어져 있다. 광주화강암류의 관입-고결-정지시기는 각섬석화강섬록암상 222~229.3 Ma, 흑운모화강섬록암상 210 Ma, 복운모화강암상 196 ± 3 Ma으로 모두 트리아스기 말기에서 주라기 초기에 해당한다. 엽리상화강암류는 강진-해남-남창을 잇는 선상에 소규모 암주상 관입체로만 분포하며 편마암복합체와 변성퇴적암류를 관입하고 백악기 퇴적암-화산암류에 의해 부정합으로 덮히고 백악기 화강암류에 의해 관입되어 있다. 광주화강암류와 엽리상화강암류의 관입-정지시기와 구성암상은 양자가 매우 유사하나 후자가 뚜렷한 암쇄엽리를 지나 전자에는 없어 양자를 확연히 구분케 한다. 이는 암쇄엽리를 생성시킨 호남전단대(Yanai et al, 1985)의 지구조 운동시 변형 유무와 밀접한 관계가 있다.

주라기화강암류는 소규모 암주상 관입체로만 출현하며 출현빈도가 적어 이 지역에서는 백악기 불국사변동에 비하여 대보운동이 활발치 못했음을 보여준다.

경상누층군은 백악기 퇴적암류-화산암류-화강암류로 이루어져 있으며 이 연구지역에서 영동-광주 함몰대를 따라 넓게 분포한다. 백악기 퇴적암류는 대부분 화산성 쇄설암류로 구성되며 지역에 따라 사질암과 셰일 및 역암으로 구성되며 이들 중에서 사질암이나 사질셰일이 가장 양적으로 우세하다. 이들 퇴적암류는 용암류나 응회암과 교호하기도 하나 대체로 하위층에서 퇴적암류가 그리고 상위로 갈수록 화산암류

가 우세해진다. 백악기 화산암류는 응회암과 용암류로 구성되어 있다. 응회암류는 편마암복합체와 트라이아스기 화강암을 부정합의 관계로 덮으며, 구성암상은 소위 능주층군과 해남층군에 속하는 산성응회암층으로 이루어져 있다. 용암류는 안산암, 석영안산암(dacite)과 유문암으로 구성되나 유문암과 안산암이 대부분을 차지한다. 유문암은 뚜렷한 유동구조를 보이는 암상과 유동구조가 보이지 않는 괴상의 암상으로 구분되어진다. 백악기 화강암류는 월출산에 비교적 큰 암주상 관입체로 분포하나 그밖의 지역에서는 도처에서 작은 암주상 관입체로 분포한다. 백악기 화강암체는 홍색장석화강암과 미문상화강암, 복운모화강암으로 구성되어 있으며 편마암복합체, 변성퇴적암류와 응회암류를 관입하는 백악기 화산활동 분화할기 산물로 추정된다. 반암류는 상술한 모든 암층을 관입하는 불국사 화강암류를 생성시킨 마그마의 최종 분화상으로 화강반암과 석영반암으로 구성되어 있다.

#### 중성-염기성 심성암류에 대한 암석 기재

한반도 서남부에는 이 지역 동부에 속하는 지리산 지역에 분포하는 회장암-반려암-섬록암-섬장암으로 구성된 저반상 화성암복합체와 그밖에 지역 즉 북부 및 남부 지역에 산재 되어 분포하는 소규모 암주상 관입체들로 구성되어 있다.

지리산지역은 옥천지향사대 동남대에 속하며 선캄브리아기 이래 수차례에 걸친 지구조 운동과 화성활동 등을 받았고, 태백산지역과 비교할 때 심한 변형과 변성작용을 받은 곳으로서 이곳에 분포하는 심성암류는 특징적인 압쇄편리와 편리조직을 잘 보이는 암상들이 많다(김용준 외, 1991a). 지리산지역은 한반도의 지구조구(김옥준 외, 1980) 중에서 중성-염기성 심성암류가 가장 흔하고 또 널리 분포하는 곳이다. 이 지역의 회장암은 가야 부근 암체에서 가야암체와 가천리암체, 그리고 산청-하동 지역에서 산청암체와 하동암체로 구성되어 있다. 중성-염기성 심성암류는 산청과 하동암체와 인접해 있는 반려암-섬록암과 섬장암으로 구성된 소규모 암주상 관입체들과 반려암으로만 구성된 마천암체로 되어있다. 회장암은 다른 중성-염기성 심성암류인 반려암-섬록암이나 섬장암과 인접 분포한다. 암체로 보면 가야산 정상 부근의 가야산암체, 가야읍 부근의 가야암체, 가천리 편마암을 조화관입하는 가천리암체와 산청-하동지역의 산청암체와 하동암체로 이루어져 있다. 가야산암체는 가야산의

동서향 능선을 따라 분포하며 편마암류를 관입하고 트라이아스기-쥬라기 화강암에 의해 관입된다. 이 암체는 주로 회백색을 띠며 부분적으로 암색을 띠는 포획암들이 점재(占在)하나 때로는 이들이 선상 배열을 보이기도 한다. 이 암체의 주성분광물은 사장석이며 부성분광물은 2차 기원의 견운모, 녹염석, 불투명 광물과 스펀 등이 관찰된다. 가야암체와 가천리암체는 그물상으로 편마암류를 조화관입하며 각섬석반려암, 엽리상화강암과 쥬라기화강암에 의해 관입된다. 이들 암체는 가야암체와 유사한 광물조성을 가지나 부분적으로 방향성을 띠는 흑운모와 신장된 석영으로 미약한 엽리조직을 보임이 특징이다. 산청암체는 함양 남동부와 산청 사이에서 불규칙한 암주상 관입체로 분포하며 하동암체와는 섬장암체에 의해 관입돼 분리되어 있다. 산청암체는 북동부에서 반려암이나 섬록암과 접하며 화강암에 의해 조화관입된 부분은 혼화작용을 받아 점이적인 경계를 보이기도 한다. 혼화대의 폭은 25m에서 60m 정도이며 각섬석, 녹니석 등의 녹색을 띤 광물들의 집합체들이 조각(patch)이나 무늬(stripe)를 이루어 거의 순수한 사장석대와 교호(交互)하여 줄모양의 대상무늬를 만든다. 하동암체는 산청 남부에서 단성-진교-하동까지 남북으로 길게 대상(帶狀) 분포를 보이며 인접하는 편마암류를 관입 및 포획하고 있으며, 섬장암, 엽리상화강암류와 반려암에 의해 관입된다. 하동암체는 중앙부는 주로 사장석으로 이루어져 있어 백색 내지 담록색을 띠나, 동측 경계부는 유색 광물의 농집으로 엽리구조나 호상구조를 이루는 중립질로 되어 있고, 서측 경계부는 뚜렷한 관입 경계를 가지는 담색을 띠는 조립질 내지 중립질 암상으로 이루어져 있다. 하동암체의 주성분광물은 사장석과 휘석이며 사장석은 라브라도라이트( $An_{51-72}$ )에 속하고 휘석은 투회석과 엔스테타이트로 구성되며, 부성분광물은 각섬석, 감람석 및 흑운모가 얼마간 함유되어 있다. 반려암은 작은 암주로서 산재하나 주분포지는 회장암과 인접해 있는 담록색 내지 암회색을 띠는 중립질 내지 조립질 암상의 내곡리암체, 응석봉암체와 마천암체로 이루어져 있다. 그밖에 소규모의 맥상 암체들이 관찰되나 분포면적이 적어 지질도에는 표시할 수 없었다. 내곡리암체는 함양군 생초면 내곡리 북부에 분포하는 암주상 관입체로서 담록색 내지 암회색을 띠는 중립질 내지 조립질 암상으로서 암질상에 변화가 심하다. 내곡리암체가 섬장암이나 홍색장석화강암에 의해 관입된 부분은

심한 동화작용을 받아 포획되거나 동화되고 남은 혼적구조(schlieren)를 보여준다. 내곡리암체의 주성분광물은 사장석, 다이아레지 및 보통회석이고, 부성분광물은 각섬석, 감람석, 사문석, 녹니석 및 우랄라이트로 구성되어 있다. 응석봉암체는 산청군 산청읍 남측 응석봉 북부에 분포하는 소규모 암주로서 중립 내지 조립질 암상을 보이며 구성광물은 사장석, 각섬석, 우랄라이트, 휘석 및 녹니석으로 이루어져 있다. 응석봉암체는 내곡리암체에 비하여 입도가 낮고 유색광물의 함량이 높은 것이 특징이다. 마천암체는 함양군 마천면 부근에 분포하는 비교적 큰 암주상 관입체로서 편마암류를 관입하며 불국사 화강암류에 의해 관입된다. 마천암체는 부분적으로 미약한 선상구조를 보이며 암체 연변부는 동화작용으로 혼화대가 형성되어 있다. 마천암체를 구성하는 주성분광물은 각섬석, 사장석, 자소회석, 보통회석 및 흑운모이고 부성분광물은 불투명광물, 인회석, 녹염석 및 저어콘 등이다. 마천암체 내에서 유색광물의 함량변화는 상당히 커서 암체 연변부로 갈수록 휘석은 감소하고 각섬석과 흑운모가 증가하는 경향을 보이며 이는 동화작용에 의한 결과로 사료된다. 섬록암은 합천과 산청 사이에 십여개의 암주상 관입체들과 안의 동부의 안의암체, 장수 남서부의 작은 몇개의 암주상 관입체들, 그리고 남원 교통산정에 위치한 교통산암체 등 많은 암주상 관입체들로 이루어져 있다. 합천-산청암체들은 편마암복합체와 반려암을 관입하는 반려암-섬록암-화강섬록암 복합체로서 반려암상은 암체 연변상으로만 출현하며 암체 중심부는 섬록암상으로 이루어져 있고, 화강섬록암상은 화강편마암과의 관입 접촉부에서 혼화작용으로 만들어진 혼화암상이다. 이들 암체의 구성광물은 반려암상에서는 사장석, 휘석, 각섬석, 흑운모와 약간의 석영, 미사장석, 페다이트 등으로 구성되며, 섬록암상에서는 유색광물로 각섬석과 흑운모가 주를 이룬다. 사장석은 안데신 내지 라브라도라이트(An<sub>31-52</sub>)에 속하나 누대구조를 보이는 경우는 결정 중앙부가 라브라도라이트 내지 안데신(An<sub>45-52</sub>)에 결정 연변은 안데신(An<sub>28-43</sub>)에 해당된다. 휘석은 투회석이 가장 우세하나 다이아레지와 자소회석도 얼마간 함유되어 있다. 안의암체는 안의 동편에 위치한 남북향의 단구상의 비교적 큰 암주상 관입체로서 균질한 각섬석섬록암상으로 이루어져 있다. 안의암체의 주성분광물은 사장석, 페다이트, 흑운모, 각섬석과 석영으로, 부성분광물은 녹염석, 스펀, 인회석 및 불투명광물로

구성되어 있다. 사장석은 뚜렷한 누대구조(An<sub>56-21</sub>)를 보이며 흑운모는 갈색의 다색성을 보이며 흔히 스펀, 녹염석, 저어콘과 인회석 등을 포유하며 또 녹니석화되어 있다. 장수 지역 암체들은 소규모의 불규칙형의 암주상 관입체들로서 구성되며 입도는 세립질부터 조립질까지, 조직은 괴상부터 미약한 엽리조직까지 다양한 변화를 보여준다. 장수지역 암체들에 대한 모드분석 결과는 반려암 내지 섬록암 영역에 속한다(Fig. 1). 이들 암체의 주성분광물은 사장석, 휘석, 흑운모와 각섬석이, 부성분광물은 석영, 견운모와 불투명광물로 구성되어 있다. 사장석은 취편상 쌍정을 보이며 반려암에서는 라브라도라이트(An<sub>54-60</sub>), 섬록암상에서는 안데신(An<sub>42-48</sub>)에 해당된다. 휘석은 반려암상에서 함유되며 자소회석이 우세하나 소량의 투회석도 함유되어 있다. 교통산암체는 남원 교통산 산정부에 위치하는 소규모 암주상 관입체로서 암회색을 띠며 세립 내지 중립질의 균질한 각섬석섬록암상으로 이루어져 있다. 교통산암체의 주조성광물은 사장석, 휘석과 각섬석이고 부조성광물은 흑운모, 불투명광물, 녹염석과 견운모로 구성되어 있다. 사장석은 정누대구조를 보여 결정중심은 라브라도라이트에서 안데신(An<sub>52-30</sub>)에 그리고 결정 가장자리는 안데신(An<sub>43-35</sub>)에 속한다. 휘석은 주로 자소회석으로 구성되나 약간의 투회석도 함유되어 있다. 각섬석은 반려암상에서는 우랄라이트화작용으로 휘석에서 만들어진 것이며, 녹염석과 견운모는 사장석이 초생변질작용을 받아 만들어진 2차광물들이다(김용준 외, 1989). 섬장암은 거창-산청과 합천-해인사 서부지역 즉 영남육괴와 경상퇴적분지가 접하는 곳에서 불규칙한 암주상 관입체로서 출현한다. 섬장암체들은 편마암류, 회장암, 엽리상 화강암류와 섬록암을 관입하며 불국사화강암에 관입된다. 섬장암체는 암회색 내지 암갈색을 띠는 등립상 암상을 가지나 암체연변에서는 중립질 중심부보다 입도가 낮은 세립질 암상으로 변한다. 섬장암체들의 구성광물은 페다이트, 각섬석, 사장석 및 석영으로 이루어지며, 각섬석은 반정과 석기 모두에 함유되어 있으며 석영이 함유되어 있는 부분은 석영섬장암에 해당한다(Fig. 1).

북부 지역은 장성-광주-순창 북부지역으로서 영동-광주 함몰대의 중부에 해당하는 지역이다. 이 지역은 지리산지역에 비하여 중성-염기성 화성암류의 분포면적이 넓지 않으며, 이들 중성-염기성 화성암류의 관입-정지 시기도 중생대 트라이아스기-จู라기에 한정

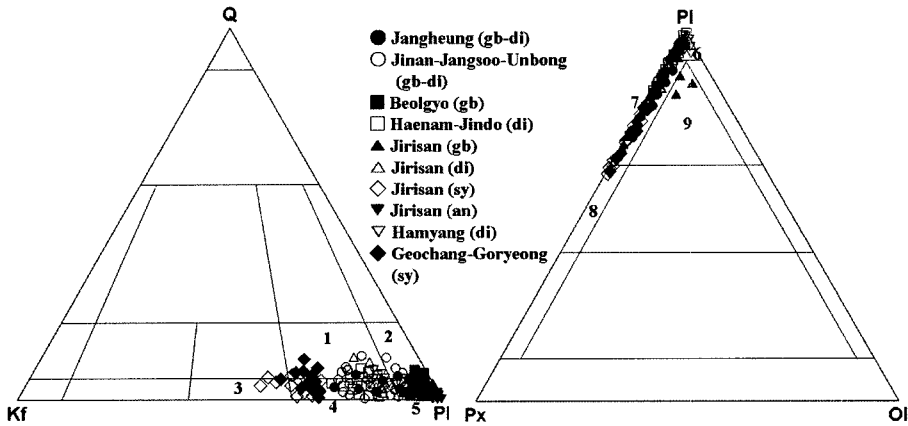


Fig. 1. Modal QAP diagram and Modal PI-Px-OI diagram for classification and nomenclature (streckeisen, 1967) of intermediated basic plutonic rocks in the SW part of Korea. 1. quartz monzodiorite or quartz monzogabbro, 2. quartz diorite, quartz gabbro or quartz anorthosite, 3. monzonite, 4. monzodiorite or monzogabbro, 5. diorite, gabbro or anorthosite, 6. anorthosite, 7+8. gabbro-norite, 9. leucogabbro. Abbreviation - gb: gabbro, di: diorite, sy: syenite, an: anorthosite.

됨이 특징이다. 반려암-섬록암은 장성군과 담양군 근 경계 지역에 소규모 암주상 관입체들과 광주-창평-순창-남원을 잇는 지역에 분포하는 암주들로 이루어져 있다. 전자에서는 암체 중앙부가 섬록암상으로 되어 있으나 연변부는 반려암상으로 이루어져 있는데 비하여, 후자는 조립질 내지 페그마타이트에 가까운 거정질의 균질한 암상을 보임이 특징이다. 전자에서 연변부를 이루는 세립질 반려암상의 사장석은 라브라도라이트( $An_{52.9-57.7}$ )에 해당하나, 조립질 반려암상의 사장석 코어는 뷔도우나이트( $An_{74-82.3}$ )에 그리고 가장 자리는 라브라도라이트( $An_{59.7-63.5}$ )로 성분상에 큰 함량 변화를 보여주는 정상누대구조이다. 그러나 후자는 안데신 내지 라브라도라이트( $An_{48.5-51.2}$ )로 거의 성분 변화가 없다. 휘석은 전자에만 함유되어 있으며 사방 휘석은 紫蘇휘석[( $Mg_{0.75-1.29}, Fe_{0.61-0.83}$ ) $Si_2O_6$ ]에, 그리고 단사휘석은 보통휘석이나 피조나이트( $Ca_{0.46-0.92}(Mg_{0.86-0.94}, Fe_{0.22-0.63})Si_2O_6$ )에 해당된다(김용준과 이창신, 1988).

남부지역은 해남-강진-보성-별교를 잇는 남해안 지역으로서 해남군 옥천면, 강진군 도암면, 진도군 고군면과 별교 제석산 등지에 산재되어 분포한다. 이들 암체들은 암록색 내지 회록색을 띄며, 중립 내지 세립질의 비교적 균질한 괴상의 암상을 보이며 대부분의 암체들이 채석장으로 가행되고 있다. 암체들은 옥천암체, 도암암체, 고군암체, 관산암체와 제석산암체로 이루어져 있으며, 암체들의 대략적인 크기는 장경이 2~5 km 그리고 단경이 1~3 km 정도의 소규모 암

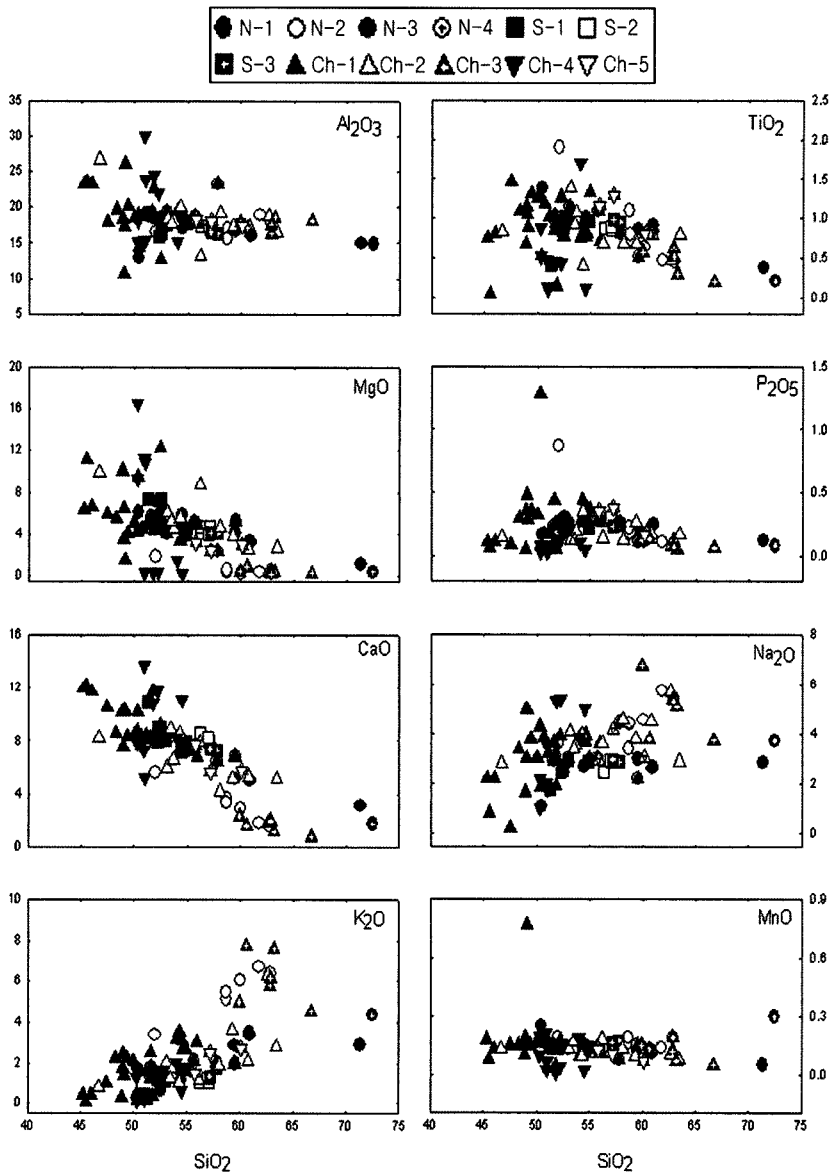
주상 관입체들이다. 이들 암체의 모드분석에 의한 암석명은 옥천-도암-고군암체는 섬록암에 그리고 제석산암체는 반려암에 해당한다(Fig. 1).

### 중성-염기성 심성암류에 대한 지질 시대

한반도 서남부에 분포하는 중성-염기성 심성암류는 지리산 북부와 동부를 포함하는 지리산지역, 광주 북부와 순창 북동부에 해당하는 북부지역 그리고 남해안을 따른 도서와 해안을 따라 분포하는 남부지역으로 구분할 수 있다.

북부지역은 광주 북부 대치고개 남쪽지역에서 화강편마암과 염리상화강암류를 관입하는 각섬석반려암류와 순창염리상화강암을 관입하는 각섬석섬록암 그리고 장수와 남원북부 지역에 각섬석반려암류의 암주들이 분포하면 이들의 관입 시기는 쥬라기 중기에 해당한다(김용준과 이창신, 1988).

지리산지역의 중성-염기성 심성암류는 선캠브리아기 편마암복합체와 회강암을 관입하며 관입암상들은 암체마다 조성광물이나 입도에 차이가 심하다. 이들 암체들의 구성암상은 산청암체가 트록토라이트(troctolite), 노라이트(norite), 반려암, 휘석-각섬석 반려암, 각섬석 반려암 등으로, 해인사-가야암체는 휘석-각섬석 반려암과 각섬석 반려암 그리고 마천암체는 휘석-각섬석 반려암으로 이루어져 있다. 이들 대부분의 각섬석 반려암과 각섬석 섬록암체들의 관입-정지 시기는 쥬라기 중기에 해당하나, 마천암체와 가야암체는 트라이



**Fig. 2.** Major element oxides vs. silica for the intermediate-basic plutonic rocks in the southwestern part of Korea. Initial letter of symbols indicated N, S and J from north, south and Jirisan area. N-1: Jangsung Gabbro-diorite, N-2: Jinan diorite, N-3: Jangsoo-Unbong diorite-gabbro, S-1: Beolgyo gabbro, S-2: Haenam Ogcheon diorite, S-3: Jindo Gogun diorite, J-1: Jirisan gabbro, J-2: Jirisan diorite, J-3: Jirisan syenite, J-4: Jirisan anorthosite, J-5: Hamyang hornblende diorite, J-6: Geochang-Goryeong syenite.

아스기 중기에서 말기에 해당하고(김용준 외, 1989; Turek and Kim, 1995), 산청부근에 분포하는 회장암류는 선캠브리아기에 해당한다(Kwon and Jeong, 1989).

남부지역은 영남육괴를 구성하는 편마암류를 관입하는 우흑질 섬록암과 반려암으로 구성되며 백악기 말기에 해당한다(김정빈과 박영석, 1996).

### 중성-염기성 심성암류에 대한 암석 화학

한반도 서남부에 분포하는 중성-염기성 심성암류의 암석화학적 자료에 의한 마그마의 특성과 분화과정을 밝히기 위하여 주성분원소(Fig. 2)와 미량원소(Fig. 3)의 변화 경향에 대하여 알아보기로 하자. 주성분원소에 대한 변화도(Fig. 1)는 지리산지역은 SiO<sub>2</sub> 45에서 67 중량 % 사이에 속하는 다양한 변화를 보인다. 그

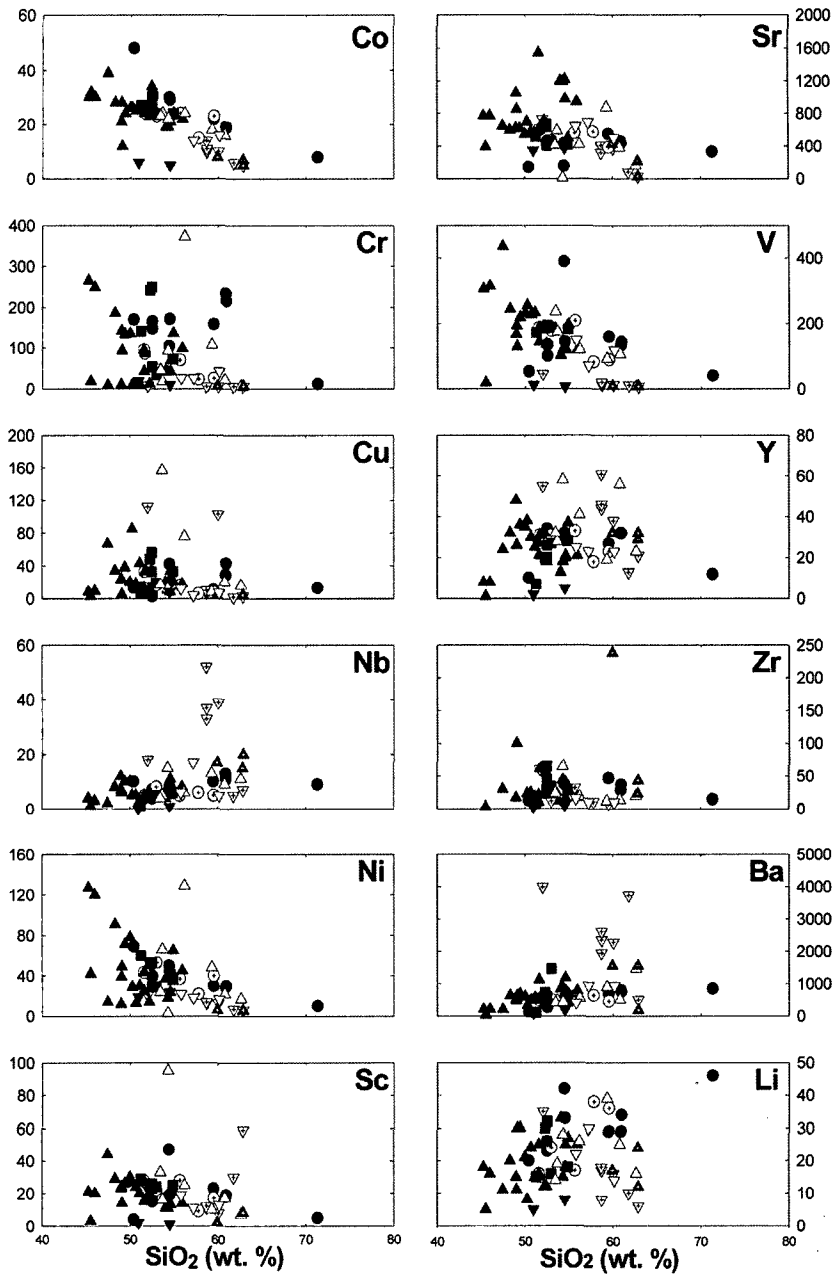


Fig. 3. Variation diagram on trace element (ppm) vs. SiO<sub>2</sub> (Wt.%) for intermediate-basic plutonic rocks in the southwestern part of Korea. Symbols are the same as in Fig. 2.

러나 북부지역은 58에서 63 중량 % 사이에, 그리고 남부지역은 52에서 58 중량 % 사이에 속한다. 각 지역에서 SiO<sub>2</sub> 변화에 따른 산화물 성분의 변화는 지리산 지역에서는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO와 TiO<sub>2</sub>가 북부지역에서는 K<sub>2</sub>O가 변화가 심하나 그밖의 성분(CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Na<sub>2</sub>O, MnO)은 비교적 뚜렷한 선상배열을 보여 이들

이 마그마의 분화에 따른 산물임을 보여준다. 그리고 SiO<sub>2</sub> 증가에 따른 원소의 전체적인 변화 경향은 Na<sub>2</sub>O와 K<sub>2</sub>O는 양의 경향을, 그밖에 성분은 부의 경향을 보여준다. 미량원소에 대한 변화도(Fig. 2)는 주 성분원소 보다는 뚜렷한 성분변화 경향을 보여주지 않으나, SiO<sub>2</sub> 증가에 따라 Co, Ni, Sc, Sr과 V은 양

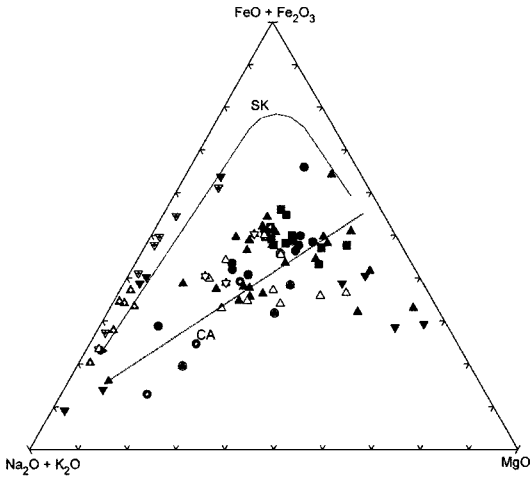


Fig. 4. Triangular diagrams of Alkali-FeO(t)-MgO for the intermediate-basic plutonic rocks in the southwestern part of Korea. Symbols are the same as in Fig. 2.

의 경향을, Nb, Ba과 Li은 부의 경향을, 그리고 Cu, Y과 Zr은 거의 일정한 값을 유지하는 경향을 보인다. 즉 미량원소는 불친화원소(incompatible elements)인 바륨과 스트론튬에서는 마그마 분화에 따라 결정작용이 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보인다. 친화원소(compatible elements)에 해당하는 스칸듐, 니오븀, 지르코늄, 코발트, 니켈, 크롬, 바나듐과 리튬은 분화가 진행됨에 따라 스칸듐, 니오븀, 지르코늄과 코발트는 감소하나 니오븀, 니켈, 바나듐과 리튬은 부화되어 분화경향과 개략적으로 일치한다. 이 경향은 특히 지리산지역에서 이 경향이 뚜렷하다.

AMF삼각도(Fig. 4)는 북부지역은 정상적인 분화산물들의 집합체로 그리고 남부지역과 지리산지역은 조산운동이나 지각변동과 수반된 칼크-알카리암 계열의 암체들의 집합체로 되어지며 점서 된 성분으로 보아 여러 지질시대에 걸친 화성활동의 결과로 생성된 복잡한 분화산물의 집합체들로 사료된다.

희토류원소는 암석광물의 생성과정에 따라 다른 거동을 가지므로 지각 또는 맨틀의 부분용융, 분결작용 및 혼화작용을 포함하는 분화과정을 밝히는 이용될 수 있다(Henderson, 1984). 또한 희토류의 반지름은 점진적으로 변하기 때문에 여러 화성활동 판단에 대한 예민한 지시자가 된다(Mason and Moore, 1984). 희토류는 염기성암에서 휘석, 각섬석 및 사장석같이 Ca를 많이 포함하는 광물과 스펀, 인회석 등에 농집되는 것이 일반적이다. 따라서 중성-염기성 심성암을

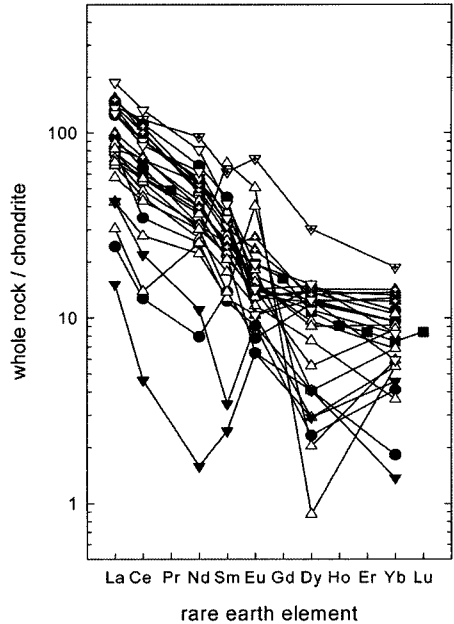


Fig. 5. Chondrite normalized REE pattern of intermediate-basic plutonic rocks in the southwestern part of Korea. Symbols are the same as in Fig. 2.

표준화한 값은 반려암, 섬록암과 회장암은 대부분 Eu(+) 이상을 나타내나 섬장암은 Eu(-) 이상을 보여 준다(Fig. 5). 각 지역별로 평균화한 희토류의 총량은 반려암 115~125 ppm, 섬록암 70~75 ppm, 섬장암 57~59 ppm 그리고 회장암 27.6 ppm이며, LREE/HREE(La/Yb)<sub>ch</sub>는 반려암 11.5~12.8, 섬록암 10.4~10.9, 섬장암 14~15.2 그리고 회장암 45.7~47.5 ppm으로 경희토류(LREE)가 중희토류(HREE) 보다 부화되어 있다. Eu(-) 이상 (Eu/Sm)은 회장암을 제외한 나머지 암상의 각 지역들은 모두 0.14~0.36으로 큰 변화가 없으며 경희토류와 중희토류 모두가 급한 부(-)의 경사를 갖는다. 이는 이들 심성암류가 대륙이나 대륙 연변부에서 지구조운동을 받아 만들어진 산물임을 지시한다(Hong, 1983).

## 토 의

한반도 서남부에 분포하는 중성-염기성심성암류는 관입 시기가 선캄브리아기에서 중생대 백악기까지, 암상은 회장암에서 섬록암까지 그리고 조직에서도 편마상조직에서 괴상까지 변화가 심하다. 이들 화성암류를 형성시킨 마그마의 특성과 분화과정에 대하여



**Table 1.** Isotopic ages of basic-intermediated plutonic rock in the southwestern part of Korean peninsula

Area	Rock name	Locality	Geplogical period	Material analyses	Isotopic age (method)	Reference
N	Hb-gabbro	W-Jangsoo	Mid. Jura.	Hb	180.7 ± 0.3Ma (K-Ar)	김용준과 이창신 (1988)
J	Hb-diorite	Annue	Mid-Jura.	Hb	179 ± 9.0Ma (K-Ar)	김용준 외 (1989)
J	Hb-gabbro	W-Géochang	Mid-Jura.	Zr	177 ± 6Ma (U-Pb)	Turek and Kim (1995)
J	Gabbro	Macheon	Late Tria.	Zr	219 ± 3Ma (U-Pb)	Turek and Kim (1995)
J	Gabbro	Gaya	End of Tria.	Hb	204 ± 10Ma (K-Ar)	김용준 외 (1989)
J	Anorthosite	Sancheong	Pre-Camb.	Wr	1678 ± 90Ma (Nd-Sm)	Kwon and Jeong (1989)
S	Gabbro	Jaeseogsan	Late Cret.	Wr	80.0 ± 1.0Ma (Ar-Ar)	김용준과 박영석 (1996)

**Table 2.** Average chemical composition of intermediated-basic plutonic rocks bodies in the southwestern part of Korea peninsula

	N-1 (9) Gb-Dr	N-2 (3) Dr	N-3 (6) Dr-Gb	S-1 (6) Gb	S-2 (3) Dr	S-3 (2) Dr	J-1 (31) Gb	J-2 (14) Dr	J-3 (6) Sy	J-4 (9) An	J-5 (3) Hb-Dr	J-6 (7) Sy
SiO <sub>2</sub>	57.87	62.43	55.57	53.54	57.08	57.66	52.42	57.12	63.14	54.11	59.12	58.97
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.40	16.76	19.35	17.40	17.21	16.39	19.01	18.28	17.58	20.21	17.98	17.21
FeO	3.79	3.63	2.85	5.43	2.87	3.54	3.73	3.85	2.85	4.08	2.82	4.75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.76	2.49	3.79	3.93	4.88	5.11	4.46	2.81	2.4	1.78	3.67	3.98
MgO	4.65	1.69	4.67	6.00	4.51	4.09	5.49	4.48	0.46	5.64	2.87	0.61
CaO	6.57	4.72	7.55	8.90	8.28	7.34	8.71	6.21	1.63	9.33	6.39	3.17
Na <sub>2</sub> O	2.56	3.66	3.15	2.55	2.78	2.94	3.13	3.80	5.02	3.35	3.39	4.53
K <sub>2</sub> O	2.08	3.16	1.781.02		1.10	1.54	1.69	2.22	6.14	0.78	2.24	5.56
TiO <sub>2</sub>	0.90	0.71	0.93	0.85	0.87	0.97	0.914	0.85	0.50	0.52	1.09	0.89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	0.20	0.23	0.21	0.29	0.23	0.28	0.19	0.09	0.07	0.3	0.25
MnO	0.13	0.11	0.13	0.14	0.13	0.17	0.16	0.13	0.11	0.09	0.10	0.17
Occurrence	Jangsung	Jinan	Jangsu- Unbong	Beolgyo	Haenam Ogcheon	Jindo Gogun	Jirisan	Jirisan	Jirisan	Jirisan	Hamyang	Geochang- Goryeong
Reference	김용준외 (1998)	김용준외 (1990)	김용준과 이창신 (1988)	김용준과 박영석 (1996)	this paper	this paper	김용준외 (1991a)	김용준외 (1991a)	김용준외 (1991a)	김용준외 (1991a)	김용준외 (1991a)	김용준외 (1991a)

\*Number of parentheses indicates the number of many analyses averaged to obtain the values in the column below. N: northern area, S: southern area, J: Jirisan area. Gb :gabbro. Dr; diorite, Sy: syenite, An: anorthosite and Hb: hornblende.

논의코자 한다.

마그마의 특성과 분화를 보면 회장암질암은 이 연구지역에서도 산청-가야지역에서만 산출되며 노라이트질 반력암과 수반되며 고온-고압상의 변성암류를 관입함이 특징이다. 지리산 지역 이외(북부지역과 남부지역)는 반력암-섬록암상이나 섬록암으로만 이루어진 단순한 암상이어서 마그마에 대한 논의는 지리산지역에 분포하는 회장암-반력암-섬장암-섬록암으로 구성된 산청회장암체를 중심으로 고찰기로 한다. 산청회장암체의 특징은 반력암질암과 수반되며 사장석이 대부분 라브라도라이트에 해당되고 단사휘석은 흔히 함유하나 감람석은 거의 함유하지 않는 것이 특징이다.

회장암의 성인은 함수현무암질암이 용융 시 압력이 1.5 Kb 이상에 도달하고 온도가 계속 상승 시 사장석이 용융상이 되고 이 액상이 교출 작용(filter press)

을 받아 분리되어 생성(Yoder and Tilley, 1962)되거나, 알칼리현무암이 분별결정화하는 동안 쿠프레이트(cumulte)가 모여 회장암이 되고 초기분화물의 잔액이 반력암을 형성하거나(Yoder, 1979), 고알루미나 현무암과 안산암질암 성분이 무수 결정 작용(anhydrous crystalization) 시에 다양한 마그마 분화작용이 지각심부에서 일어나 사장석과 초고철질 집적물이 형성될 수 있어 층상형 회장암을 형성하며, 대부분 지각심부에서 형성된 회장암은 카타존(cata zone)에서 진화한다고(Green et al, 1975) 하였다. 산청회장암은 대부분 입상화 되어 있고 쌍정면이 휘거나 끊어져 있는 등의 변형작용이 관찰되는 점으로 미루어 Green의 설명과 같이 마그마 분화 후 카타존에서 연성변형(ductile deformation)을 받아 형성된 것으로 생각된다.

알카리현무암질 마그마는 분화 후기에 일반적으로 불포화 섬장암을 생성시킬 수 있으며 산청회장암체를 관입하는 섬장암은 이런 과정에서 생성되었을 것이다 (정지근, 1987). 이런 여러 가지 설명을 종합하여 불포화 산청회장암은 수반되는 반려암과 이들 주위에 분포하는 섬장암-섬록암은 관입시기가 크게 다르나 이들과 지화학적 특성이 연속적인 변화를 보이는 것으로 미루어 중생대 이전에 회장암-반려암 등이 재용융 되었다가 중생대에 관입-정지 되었을 가능성도 있다.

## 결론

한반도 서남부에 분포하는 중성-염기성 심성암에 대한 암석학적 특성은 다음과 같다.

1. 한반도 서남부에 분포하는 중성-염기성 심성암은 북부 지역이 반려암-섬록암으로, 남부 지역이 주로 섬록암이 우세하며 얼마간의 반려암으로, 그리고 지리산지역이 반려암-회장암과 섬록암-섬장암으로 구성되어 있다.

2. 이들 중성-염기성 심성암류의 구성 암상은 지리산 지역에서 회장암은 선캠브리아기, 각섬석반려암은 트라이아스기, 섬록암-섬장암은 주라기에, 북부지역은 반려암-섬록암 모두 주라기에, 그리고 남부지역은 백악기에 관입-정지 되었다.

3. 반려암-섬록암은 북부 지역에서는 상호 수반되거나 점이적인 변화를 보이며, 남부 지역에서는 독립된 암상들로, 그리고 지리산 지역에서는 화성암복합체로 산출된다. 특히 지리산 지역의 반려암은 휘석과 감람석의 종류와 유무에 따라 반려암, 노라이트, 트록터라이트와 우백질반려암상으로 산출되며 각섬석반려암은 회장암을 관입한다.

4. 주성분-미량성분의 Haker diagram, AMF삼각도, pl-px-ol 삼각도에서 이들 중성-염기성 심성암류는 Calc-alkali 계열의 분화 산물이다.

5. REE, (La/Yb)<sub>cn</sub>와 Eu/Sm은 중성-염기성 심성암류에서 LREE가 HREE 보다 부화되어 있고 회장암을 빼고 Eu(-) 이상을 보인다. 이는 중성-염기성 심성암류가 대륙이나 대륙연 변부에서의 지구조 운동에 의한 화성 활동임을 시사한다.

## 감사의 글

이 연구를 수행하는데 자료처리와 도면 정리를 도

와준 전남대학교 지질학과 배병철과 송희만 군에게 고마움을 표하며, 전암화학분석을 실시해준 런던대학교 Walsh 박사에게도 감사드립니다. 또 이 연구가 이루어 질 수 있도록 2001년도 전남대학교 학술연구비(기초학문보호육성지원사업)를 지원해준 전남대학교에 심심한 감사를 드립니다.

## 참고문헌

김옥준, 박봉순, 정봉일, 장기홍, 박봉순, 강필중, 1980, 한반도의 지진지체구조 분석 관한 연구. 과학기술처, 159 p.  
 김용준, 1986, 보성-순천 지역에 분포하는 정편마암류의 지질시대와 성인에 관한 연구. 광산지질, 21, 69-83.  
 김용준, 이창신, 1988, 장수-운봉지역에 분포하는 화성암류와 그의 화성활동에 대한 연구. 지질학회지, 제24권 특별호, 111-131.  
 김용준, 조동룡, 박영석, 1989, 거창지역에 분포하는 중생대 화성암류에 대한 K-Ar 연령과 주성분 광물의 화학조성. 광산지질, 22, 117-127.  
 김용준, 박영석, 주승환, 오민수, 박재봉, 1990, 옥천지향사대 동남대에서의 화성활동(II) - 진안-나주사이 지역을 중심으로-. 한국지구과학회지, 11, 120-138.  
 김용준, 이창신, 강상원, 1991a, 영남육괴 지리산지구에 분포하는 중성-염기성 심성암류에 대한 암석지화학. 한국지구과학회지, 12, 100-122.  
 김용준, 박영석, 주승환, 오민수, 박재봉, 1991b, 옥천지향사대 동남대에서의 화성활동(III) (나주-남창지역을 중심으로). 광산지질, 24, 261-276.  
 김용준, 오민수, 박재봉, 1993a, 광주화강암체에 대한 암석화학적 연구. 광산지질, 26, 83-96.  
 김용준, 오민수, 박재봉, 1993b, 나주-해남지역에 분포하는 화성암류의 암석지화학. 한국지구과학회지, 14, 300-315.  
 김용준, 박영석, 박천영, 김진, 1995, 나주-영암-목포지역에 분포하는 화성암류의 암석화학과 화성활동에 관한 연구. 한국지구과학회지, 16, 442-461.  
 김용준, 이창신, 김희남, 박재봉, 이훈교, 1998, 전남 장성 동부지역에 분포하는 화성암류에 대한 암석지화학. 한국지구과학회지, 15, 154-170.  
 김정민, 박영석, 1996, 벌교지역에 분포하는 심성암류의 암석화학과 지질시대에 대한 연구. 한국지구과학회지, 17, 227-240.  
 김종환, 고상모, 이동진, 박중권, 홍세선, 채수천, 이형재, 안기오, 서효준, 전효택, 문희수, 1993, 화산원 천열수성 광상탐사 및 모델정립(3). 과학기술처, KR-92(T)-25, 209 p.  
 박희인, 1966, 한국지질도, 순창지질도폭 및 설명서 (1:50,000). 국립지질조사소.  
 손치무, 김수진, 1966, 한국지질도, 창평도폭 및 지질보고서 (1:50,000). 국립지질조사소.  
 정지근, 1987, 하동-산청지역 회장암질암의 분화. 지질학회지, 23, 216-228.

- 주승환, 김성재, 1986, 영남육괴의 연령측정II(지리산 서남부 일대의 화강암질 편마암 및 편마상화강암류). 한국동력자원연구소, KR-86-2-17, 28 p.
- 주승환, 지세정, 1990, 광주화강암의 Rb-Sr 연령측정 연구. 한국동력자원연구소, KR-90-1B-2, 3-54.
- 이창신, 김용준, 박천영, 이창주, 1992, 광양-승주지역에 분포하는 화강암류의 암석화학. 광산지질, 25, 51-60.
- Green D.H., Nicholls, M.V., and Vilikoen, R., 1975, Experimental demonstration of the existence of peridotitic liquids in early archean magmatism. *Geology*, 3, 11-14.
- Henderson, P., 1984, Rare earth element Geochemistry, Elsevier Science Publication Inc., 489 p.
- Hong, Y.K., 1983, Petrology and Petrochemistry of Jurassic and Cretaceous granites, southern Korea. unpublished Ph.D. thesis, University of London, 365 p.
- Kim, J.H. and Kee, W.S., 1994, Structural characteristics of the Soonchang Shear Zone, Korea. *Journal Southeast Asian Earth Science*, 9, 417-428.
- Kwon, S.T. and Jeong, J.G., 1989, Preliminary Sr and Nd isotopic study of Sancheong-Hadong Anorthositic rocks in Korea. *Journal of Korean Institute, Mining Geology*, Abstract of annual meeting.
- Mason, B. and Moore, C.B., 1984, Principles of geochemistry, Wiley and Sons, Inc., 344 p.
- Streckeisen, A.L., 1967, Classification and nomenclature of igneous rocks (final report of an enquiry). *neues Jahrbuch fur Mineralogy Abhandlungen*, 74, 13-27.
- Turek, A. and Kim, C.B., 1995, U-Pb zircon ages of mesozoic plutons in the Damyang-Geochang area, Ryongnam massif, Korea. *Geochemical Journal*, 29 (4), 243-258.
- Yanai, Shuichi, Park, B.S., Otoh, Shigeru, 1985, The Honam shear zone (south Korea): Deformation and tectonic implication in the Far East. *Earth science and Astronomy (scientific paper, College of Art and Science)*, University of Tokyo, 35, 180-210.
- Yoder, H.S. Jr., 1979, Melilite bearing rocks and related lamprophyres, In Yoder, H.S. Jr. (ed.), *The evolution of the igneous rocks: Fiftieth Anniversary Perspective*. Princeton, N.J., Princeton University Press, 391-411.
- Yoder, H.S. Jr., and Tilley, C.E. Origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. *Journal of Petrology*, 3, 342-532.

---

2006년 3월 24일 접수  
2006년 8월 2일 수정원고 접수  
2006년 8월 21일 채택